

KAJIAN SIMULASI BERBANTUKAN KOMPUTER
BAGI MENILAI KESILAUAN CAHAYA SIANG MELALUI TINGKAP
DI DALAM SEBUAH RUANG PEJABAT DI MALAYSIA

SRI SILVIAWATI

Tesis ini dikemukakan
sebagai memenuhi syarat penganugerahan
Ijazah Sarjana Senibina

Fakulti Alam Bina
Universiti Teknologi Malaysia

APRIL 2005

Untuk almarhumah mama tercinta,
papa dan keluarga tersayang,
suamiku *Habiburrohman*,
dan putriku *Allya Syifa Rahman*.

PENGHARGAAN

Alhamdulillah. Puji syukur ke hadirat Allah, kerana atas rahmatNya saya dapat menyelesaikan penulisan thesis ini. Setinggi-tinggi penghargaan saya hulurkan kepada Dekan Fakulti Alam Bina, Prof. Dr. Supian Ahmad dan Dekan Sekolah Pengajian Siswazah, Prof. Dr. Rahmalan Ahamad, yang telah memberikan kesempatan dan tanpa ragu meletakkan kepercayaan kepada saya untuk dapat menamatkan kajian ini.

Saya mengucapkan ribuan terima kasih kepada pelbagai pihak yang telah menyumbangkan tenaga, fikiran dan cadangan, sama ada secara langsung ataupun tidak langsung, selama proses menamatkan kajian dan penulisan tesis ini. Terutama sekali kepada penyelia saya, PM. Dr. Mohamed Rashid Embi, yang telah membimbing saya dengan penuh kesabaran dan selalu menghulurkan tangan bagi menyediakan pelbagai kemudahan demi terlaksananya kajian ini. Kepada Prof. Dr. Ali Nazal, dari University of Helsinki, Finland, atas tunjuk ajar mengenai kaedah *The New Daylight Glare Index* (DGI_N) yang saya gunakan dalam kajian ini. Dan juga kepada ketua projek Vot 72220, PM. Dr. Nor Haliza Madros, atas biasiswa yang telah diberikan kepada saya selama 1 tahun (Jun 2000-Mei 2001). Tanpa kesudian beliau memberikan peluang kepada saya untuk meneruskan pendidikan Sarjana di UTM, kajian ini belum tentu dapat terlaksana.

Ucapan terima kasih yang tak terhingga saya ucapkan juga kepada puan Malsiah binti Hamid (pensyarah Fakulti Alam Bina), atas dorongan semangat yang telah diberikan kepada saya untuk menamatkan kajian ini. *Thank you for being a tutor, a friend, a sister, or even a mother to me.* Kepada puan Raja Nafida (pensyarah Fakulti Alam Bina), puan Gurupiah (pensyarah Fakulti Alam Bina), puan Halimah (di makmal Sains Bangunan) dan puan Rusni (di Fakulti Alam Bina), terima

kasih atas layanan dan kerja sama yang telah diberikan kepada saya selama menjadi pelajar Sarjana Seni Bina di UTM.

Penghargaan yang tulus saya persembahkan untuk suami saya, Habiburrohman, yang telah mendampingi saya dengan ikhlas dan sentiasa memberikan sokongan selama proses menamatkan kajian ini. Kepada keluarga saya di Indonesia, papa, abang-abang dan kakak-kakak, yang menjadi inspirasi bagi saya untuk tetap tegar dan tabah dalam menghadapi pelbagai rintangan selama proses pengajian. Kepada teman-teman yang telah mengiringi saya dan sentiasa bersedia menghulurkan bantuan selama proses pembelajaran di UTM, Masliza, Remaz, bang Adi, bang Budi, dan teman-teman di Hostel H-21 (kak isal, kak novi, mba ria, mba dani, kak ayu, mba jati, weni dan lain-lain yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu). Juga kepada mbak Mar, terimakasih atas bantuan dan layanan yang telah diberikan selama proses menyelesaikan koreksi tesis.

Sekali lagi saya ucapkan terima kasih. Semoga Allah memberikan pahala atas segala kebaikan yang telah diberikan kepada saya. Amin.

ABSTRAK

Kajian ini bertujuan untuk mengkaji kesilauan melalui tingkap yang diakibatkan oleh cahaya siang. Kaedah pengukuran dan perisian yang digunakan ditentukan berasaskan kajian literatur, iaitu kaedah *The New Daylight Glare Index* (DGI_N) dan Radiance Desktop 2.0. Pengukuran kesilauan cahaya siang dilakukan keatas pelbagai keluasan tingkap untuk mengenal pasti keluasan tingkap yang sesuai bagi mengelakkan berlakunya keadaan silau pada ruang dalaman di Malaysia. Keluasan tingkap yang dikaji ditentukan berasaskan kaedah nisbah terhadap keluasan dinding (*Window to Wall Area/WWR*), iaitu 10% WWR, 20% WWR, 30%WWR, 40% WWR dan 50% WWR. Kajian juga dilakukan keatas penggunaan 6 jenis kawalan tingkap, dan 4 jenis optikal tingkap bagi mengenal pasti keberkesanannya dalam mengawal kesilauan cahaya siang. Indeks silau kajian yang digunakan sebagai penunjuk analisis kajian diperolehi dari pengukuran subjektif pada kajian pilot. Hasil simulasi menunjukkan bahawa seluruh keluasan tingkap kajian didapati silau, dan keluasan tingkap yang didapati paling silau adalah 20% WWR. Kajian juga menemukan bahawa keperluan kawalan tingkap yang sesuai bagi mengawal keadaan silau tiap-tiap keluasan tingkap adalah berbeza-beza. Hasil kajian mencadangkan penggunaan kawalan tingkap dan optikal tingkap yang sesuai untuk tiap-tiap keluasan tingkap, bagi menghindari berlakunya kesilauan cahaya siang dalam ruang di Malaysia.

ABSTRACT

The purpose of this study is to simulate the glare condition due to daylight through window opening in interior spaces. The measurement method chosen was adopted on the basis of previous literature study, *The New Daylight Index* (DGI_N) method and computer simulation Radiance Desktop 2.0 were used. The glare phenomena was measured on several different-size windows to determine the most appropriate window area that is capable of preventing the effect in room interior space. Sizes of windows are taken according to Window to Wall Ratio (WWR). The study was conducted on six different shading devices and four different window glasses. Furthermore, the performance of aluminum as shading device material is also studied to find out the effectiveness of the specular material in increasing the amount of lighting inside the room. The Glare index results are obtained through subjective measurements conducted during pilot study. It is found that the entire cross-sectional area of the window is experiencing glare condition, and the most critical window size opening is 20% WWR. Meanwhile, the observed findings show that no specific shading device is recommended as it depends on the particular window size itself. However, the use of window glasses is favorable to prevent the occurrence of glare for each window size and shading device. The outcomes of the current study suggest that the use of suitable shading devices and window glasses for each particular window size to avoid the occurrence of daylight glare in interior space.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKASURAT
	PENGAKUAN	ii
	PENGHARGAAN	iii
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	xv
	SENARAI RAJAH	xvii
	SENARAI SINGKATAN	xxiii
	SENARAI SIMBOL	xxiv
	SENARAI LAMPIRAN	xxv
1	Pengenalan	
	1.1 Pengenalan	1
	1.2 Latar Belakang Penyelidikan	2
	1.2.1 Kepentingan Kajian Kesilauan Cahaya Siang di Malaysia	2
	1.2.2 Simulasi Berkomputer Bagi Kajian Kesilauan Cahaya Siang	5
	1.3 Permasalahan Kajian	6
	1.4 Pernyataan Masalah	7
	1.5 Matlamat Kajian	7
	1.6 Objektif Kajian	7
	1.7 Soalan Kajian	8

1.8	Kepentingan Kajian	9
1.9	Skop Kajian	9
1.10	Organisasi Kajian dan Penulisan Tesis	10

2 KESILAUAN CAHAYA SIANG

2.1	Pengaruh Tingkap Terhadap Kesilauan Cahaya Siang	13
2.1.1	Pengaruh Rekabentuk Tingkap	14
2.1.2	Pengaruh Kawalan Tingkap	15
2.1.3	Pengaruh Optikikal Tingkap	17
2.2	Pemilihan Kaedah Analisis Cahaya Siang	18
2.2.1	Parameter Pengukuran Kesilauan Cahaya Siang	18
2.2.2	Huraian Kaedah Analisis Kesilauan Cahaya Siang	19
2.2.2.1	CIE <i>Glare Index</i> (CGI)	20
2.2.2.2	<i>Daylight Glare Index</i> (DGI)	20
2.2.2.3	<i>The New Daylight Glare Index</i> (DGI _N)	21
2.2.3	Kaedah Yang Akan Digunakan Bagi Kajian	22
2.3	<i>The New Daylight Glare Index</i> (DGI _N)	22
2.4	Perakuan Piawai Kesilauan Cahaya Siang	25

3 PEMILIHAN PERISIAN SIMULASI BERKOMPUTER BAGI KESILAUAN CAHAYA SIANG

3.1	Pemilihan Kaedah Simulasi Berkomputer Bagi Kajian Kesilauan Cahaya Siang	26
3.1.1	Huraian Kaedah Simulasi Berkomputer	26
3.1.1.1	Kaedah Illuminasi Lokal	27
3.1.1.2	Kaedah Illuminasi Global	27
3.1.2	Kaedah Illuminasi Global Bagi Kajian Kesilauan Cahaya Siang	29
3.1.2.1	Kaedah Illuminasi <i>Ray Tracing</i>	29
3.1.2.2	Kaedah Illuminasi <i>Radiosity</i>	31
3.1.2.3	Kesimpulan	32

3.2	Pemilihan Perisian Bagi Kajian Kesilauan Cahaya Siang	32
3.2.1	LightScape	33
3.2.2	Radiance	36
3.2.2.1	Radiance Unix	37
3.2.2.2	Radiance MS-Dos	41
3.2.2.3	Radiance IES	46
3.2.2.4	Radiance Desktop	48
3.2.3	Kesimpulan	52
3.3	Perisian Radiance Desktop 2.0	52
3.3.1	Kandungan Program Radiance Desktop 2.0	52
3.3.1.1	Oconv	53
3.3.1.2	Rview	53
3.3.1.3	Rpict	54
3.3.1.4	Pfilt	54
3.3.2	Pengoperasian Radiance Desktop 2.0	56
3.3.3	Had Radiance Desktop 2.0	58

4 KAEDAH KAJIAN

4.1	Uji Kaji Tahap-1 : Pengukuran Kesilauan Cahaya Siang Menggunakan Kaedah <i>The New Daylight Glare Index</i> (DGI_N): (Uji Kaji Asas)	61
4.1.1	Tujuan Pengukuran	61
4.1.2	Pendekatan Pengukuran	62
4.1.3	Peralatan Pengukuran	62
4.1.4	Lokasi Pengukuran	64
4.2	Kaedah Pengujian Keberkesanan Radiance Desktop 2.0 Bagi Mengukur Kesilauan Cahaya Siang Menggunakan Kaedah <i>The New Daylight Glare Index</i> (DGI_N): Uji Kaji Tahap-1	68
4.3	Pelaksanaan Pengukuran Kesilauan Cahaya Siang: Uji Kaji Tahap-2	73

4.3.1	Model Uji Kaji	73
4.3.1.1	Geometri Model Uji Kaji	73
4.3.1.2	Geometri Tingkap Model Uji Kaji	75
4.3.1.3	Sifat Permukaan Model Uji Kaji	77
4.3.2	Kawalan Tingkap Uji Kaji	77
4.3.3	Optikal Tingkap Uji Kaji	78
4.3.4	Kaedah Pengumpulan Data Uji Kaji	80
4.3.4.1	Pemboleh Ubah Uji Kaji	80
4.3.4.2	Pendekatan Uji Kaji	81
4.3.4.3	Peralatan Pengukuran Uji Kaji	82
4.3.4.4	Lokasi Pengukuran Uji Kaji	82
4.3.4.5	Keadaan Langit Pengukuran Uji Kaji	82
4.3.4.6	Masa Pengukuran Uji Kaji	84
4.4	Kaedah Analisis Kajian	89
4.4.1	Prosedur Analisis	89
4.4.2	Petunjuk Penilaian Analisis	89

5 **PENGUNAAN RADIANCE DESKTOP 2.0 BAGI PENGUKURAN KESILAUAN CAHAYA SIANG MENGUNAKAN KAEDAH *THE NEW DAYLIGHT GLARE INDEX (DGI_N)***

5.1	Prosedur Simulasi	92
5.1.1	Permodelan Simulasi	92
5.1.1.1	Permodelan Geometri Model Simulasi	92
5.1.1.2	Permodelan Bahan Model Simulasi	94
5.1.2	Proses Pengukuran Simulasi	101
5.1.2.1	Menentukan Zon Pengukuran	102
5.1.2.2	Menentukan Orientasi Model Simulasi	102
5.1.2.3	Menyiapkan Sensor Pengukur	102
5.1.2.4	Memulakan Pengukuran	104
5.1.3	Lokasi dan Data cahaya Siang Simulasi	105
5.1.3.1	Penentuan Lokasi Simulasi	105

5.1.3.2	Input Data Cuaca Simulasi	106
5.1.3.3	Masa Pengukuran Simulasi	106
5.1.4	Output Simulasi	108
5.2	Kajian Permodelan Simulasi	108
5.2.1	Permodelan Uji Kaji Tahap-1	109
5.2.2	PermodelanModel Uji Kaji Tahap-2	110
5.2.2.1	Model Asas	110
5.2.2.2	Model Ubah Suai	110
5.3	Batasan dan Andaian Permodelan	111

6 PENEMUAN KAJIAN DAN KEPUTUSAN UJIKAJI

6.1	Kebolehan Perisian Radiance Desktop 2.0 Bagi Mengukur Kesilauan Cahaya Siang Menggunakan Kaedah DGI _N (Uji Kaji Tahap-1)	114
6.2	Analisis Kesilauan Cahaya Siang Pada Pelbagai Keluasan Tingkap: Kes Asas (Uji Kaji Tahap-2)	118
6.3	Analisis Pengaruh Kawalan Tingkap, Optikah Tingkap dan Bahan Permukaan Tingkap Terhadap Tahap Kesilauan Cahaya Siang : Tingkap: Kes Ubah Suai (Uji Kaji Tahap-2)	120
6.3.1	Pengaruh Kawalan Tingkap	121
6.3.1.1	Tingkap 10% WWR	122
6.3.1.2	Tingkap 20% WWR	123
6.3.1.3	Tingkap 30% WWR	125
6.3.1.4	Tingkap 40% WWR	126
6.3.1.5	Tingkap 50%WWR	129
6.3.1.6	Kesimpulan	131
6.3.2	Pengaruh Optikah Tingkap	132
6.3.2.1	Tingkap 20% WWR	133
6.3.2.2	Tingkap 30% WWR	133
6.3.2.3	Tingkap 40% WWR	134
6.3.2.4	Tingkap 50% WWR	135
6.3.2.5	Kesimpulan	136

7	RUMUSAN KAJIAN DAN CADANGAN	
7.1	Penemuan Kajian	138
7.1.1	Uji Kaji Tahap-1	138
7.1.2	Uji Kaji Tahap-2	139
7.2	Hasil Cadangan Kajian	140
7.3	Cadangan Kajian Selanjutnya	141
8	RUJUKAN	143
9	LAMPIRAN	151

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKASURAT
3.1	Ringkasan kebolehan perisian Lightscape 3.2	35
3.2	Ringkasan kebolehan perisian ADELIN 2.0	45
3.3	Kesimpulan kebolehan perisian Desktop Radiance 2.0	50
4.1	Sensor pengukur yang digunakan pada kajian pilot	70
4.2	Ringkasan geometri tingkap uji kaji pada model kajian	75
4.3	Tahap pancaran (τ) optikal tingkap kajian	78
4.4	Ringkasan pemboleh uji kaji kajian	81
4.5	Ringkasan kajian terhadap keadaan jenis langit di Malaysia	83
4.6	Pancaran sinar matahari di Johor Bahru (1975-1978)	88
4.7	Ringkasan masa dan jumlah pengukuran tiap-tiap model kajian	88
4.8	Petunjuk analisis kesilauan cahaya siang kajian	89
5.1	Ringkasan bahan permukaan model simulasi	97
5.2	Ringkasan bahan kaca tingkap model simulasi	100
6.1	Perolehan indeks silau tiap-tiap luasan tingkap kajian	119
6.2	Penggunaan kawalan tingkap bagi tiap-tiap luasan tingkap kajian	122
6.3	Pengaruh kawalan tingkap terhadap indeks silau tingkap 10% WWR	123
6.4	Pengaruh kawalan tingkap terhadap indeks silau tingkap 20% WWR	124
6.5	Pengaruh kawalan tingkap terhadap indeks silau tingkap 30% WWR	126

6.6	Pengaruh kawalan tingkap terhadap indeks silau tingkap 40% WWR	128
6.7	Pengaruh kawalan tingkap terhadap indeks silau tingkap 50% WWR	131
6.8	Ringkasan hasil kajian pengaruh kawalan tingkap bagi mengawal kesilauan cahaya siang	132
6.9	Pengaruh optikal tingkap pada tingkap 20% WWR dengan kawalan tingkap <i>Overhang</i> (O)	133
6.10	Pengaruh optikal tingkap pada tingkap 30% WWR dengan kawalan tingkap <i>Overhang</i> (O)	134
6.11	Pengaruh optikal tingkap pada tingkap 40% WWR dengan kawalan tingkap <i>Overhang</i> (O)	135
6.12	Pengaruh optikal tingkap pada tingkap 50% WWR dengan kawalan tingkap <i>Overhang</i> (O)	136
6.13	Ringkasan hasil kajian keberkesanan optikal tingkap terhadap tiap-tiap kawalan tingkap yang didapati tidak berkesan dalam mengawal cahaya siang	137
7.1	Cadangan reka bentuk tingkap bagi menghindari kesilauan cahaya siang di Malaysia	141

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	<u>TAJUK</u>	MUKASURAT
1.1	Struktur mata manusia	3
1.2	Skematik latar belakang kepentingan kajian kesilauan cahaya siang di Malaysia	5
1.3	Skematik matlamat kajian	7
1.4	Ringkasan proses penyelidikan	12
2.1	Dua jenis kawalan tingkap mendatar yang popular digunakan bagi mengawal kemasukan sinar matahari dan kesilauan akibat cahaya siang	16
2.2	Pengaruh penggunaan <i>lightshelf</i> condong dan <i>lightshelf</i> rata pada ruang dalaman	17
2.3	Perilaku pancaran cahaya siang	18
3.1	Skematik proses pengiraan cahaya pada kaedah illuminasi global	28
3.2	Pengesanan cahaya pada kaedah illuminasi global	28
3.3	Empat jenis pembahagian sinar pada pengesanan cahaya menggunakan kaedah illuminasi <i>ray tracing</i>	29
3.4	Pengiraan cahaya dengan kaedah <i>ray tracing</i>	30
3.5	Pengesanan cahaya dengan kaedah <i>radiosity</i>	31
3.6	Klasifikasi perisian berasaskan kaedah yang digunakan	33
3.7	Perbandingan penggambaran keadaan ruang dalaman bagi menghasilkan pengukuran cahaya siang yang tepat menggunakan Lightscape 3.2;	
	a. keadaan sebenar	
	b. model kajian Lightscape 3.2	35
3.8	a. Proses pengesanan cahaya pada permukaan <i>menyebarkan</i> menggunakan kaedah <i>monte carlo</i>	
	b. Proses pengesanan cahaya pada kaedah <i>ray tracing</i>	

	c. Proses pengesanan cahaya pada kaedah <i>monte carlo</i>	36
3.9	Perbandingan hasil pengukuran tahap cahaya siang antara Radiance dan pengukuran sebenar	38
3.10	Perbandingan peragaan pencahayaan ruang dalaman sebenar (a) dan ruang dalaman buatan secara simulasi berkomputer (b) dengan menggunakan perisian Radiance Unix	39
3.11	Tampilan simulasi <i>spectral radiance</i> (<i>luminance</i> + warna) atau <i>false color</i> cahaya siang menggunakan Radiance Unix	40
3.12	Sistem pengoperasian program-program dalam perisian ADELIN 2.0	42
3.13	Tampilan simulasi pencahayaan menggunakan Radiance pada ADELIN 1.0;	
	a. simulasi penglihatan pencahayaan siang;	
	b. analisis <i>false color</i> pencahayaan siang	44
3.14	Tampilan analisis kontur <i>Daylight Factor</i> dengan latar belakang <i>Graphical User Interface</i> (GUI) ADELIN versi Windows NT	44
3.15	Radiance IES terdapat dalam program 4D+ perisian IES <Virtual Environment>	46
3.16	Contoh tampilan simulasi penglihatan dan analisis pencahayaan yang dihasilkan oleh Radiance/4D+;	
	a. Tampilan simulasi tahap <i>luminance</i> bagi analisis kesilauan cahaya siang pada tingkap	
	b. Tampilan simulasi penglihatan ruang dengan pencahayaan elektrik pada malam hari	
	c. Tampilan analisis cahaya siang dengan menggunakan <i>false color</i>	47
3.17	Tampilan <i>General User Interface</i> (GUI) Radiance Desktop 2.0 yang bergabung dengan AutoCAD sebagai alat penyunting grafik	49
3.18	Simulasi pencahayaan siang pada tingkap menggunakan	

	Radiance Desktop	49
3.19	Kategori program yang terdapat dalam Radiance	52
3.20	Proses input dan output dalam Radiance	55
3.21	Carta operasi Radiance Desktop 2.0	57
4.1	Carta aliran tahap uji kaji	60
4.2	<i>Light meter</i> , alat pengukur tahap <i>illuminance</i> cahaya siang	62
4.3	a. Piramid hitam yang berfungsi sebagai penutup sensor pengukur $E_{tingkap}$ (S_3) b. Susun atur sensor pengukur $E_{adaptasi}$ (S_2) dan $E_{tingkap}$ (S_3) pada piramid	63
4.4	Susun atur pyramid hitam, sensor pengukur $E_{adaptasi}$ (S_2) dan $E_{tingkap}$ (S_3) pada tripot	63
4.5	Ketentuan ukuran pada kaedah EWH	64
4.6	Pembahagian kawasan ruang kajian menggunakan kaedah EWH	65
4.7	Susun atur sensor S_1 , S_2 dan S_3 bagi mengukur E_{luaran} , $E_{adaptasi}$ dan $E_{tingkap}$ pada kaedah DGI_N	66
4.8	Pelan ketentuan lokasi pengukuran pada kaedah DGI_N	66
4.9	a. Bangunan B-11 UTM-Skudai b. Tampak luaran, ruang kajian pilot	68
4.10	a. Pelan ruang kajian pilot b. Kedudukan tingkap ruang kajian pilot	69
4.11	a. Suasana pengukuran sebenar pada ruang kajian pilot; b. Susun atur sensor pengukur E_{luaran} (S_1), $E_{adaptasi}$ (S_2), dan $E_{tingkap}$ (S_3) pada ruang kajian pilot	70
4.12	a. Lokasi sensor-1 (S_1) bagi pengukuran tahap <i>illuminance</i> luaran (E_{luaran}) ruang kajian pilot; b. Susun atur sensor pengukur E_{luaran} (S_1) pada tingkap ruang kajian	71
4.13	Susun atur sensor S_2 dan S_3 pada tripot bagi pengukuran $E_{adaptasi}$ dan $E_{tingkap}$ pada ruang kajian, a. tampak belakang;	

	b. tampak samping;	
	c. tampak hadapan	72
4.14	Huraian geometri ruang dan tingkap kajian	76
4.15	Geometri kawalan tingkap	79
4.16	Pengaruh arah bangunan terhadap keamatan cahaya siang yang boleh diperolehi dalam ruang	81
4.17	Carta kedudukan matahari	85
4.18	Susun atur sensor pengukur tahap illuminance luaran pada Desktop Radiance 2.0	86
4.19	Keamatan cahaya siang di Johor pada waktu langit mendung dengan menggunakan Radiance Desktop 2.0	86
4.20	Perbandingan tahap <i>illuminance</i> luaran antara pukul 10 pagi – 3 petang	87
4.21	Alur kaedah analisa data kajian	90
5.1	Carta aliran prosedur simulasi	91
5.2	Tetingkap <i>Preference Dialog</i> pada Desktop Radiance 2.0	93
5.3	Permodelan geometri model simulasi	93
5.4	Tetingkap <i>Materials Library</i> pada Desktop Radiance 2.0	94
5.5	a. Sifat bahan permukaan dinding dan siling;	
	b. Sifat bahan permukaan lantai	96
5.6	Tahap-tahap permodelan bahan permukaan model simulasi	97
5.7	Garis panah merah sebagai tanda kedudukan permukaan normal pada model	98
5.8	Tetingkap <i>Glazing Library</i> pada Desktop Radiance 2.0	99
5.9	Tahap-tahap permodelan bahan kaca tingkap model simulasi	100
5.10	Zon pengukuran dan orientasi model simulasi	101
5.11	Sensor pengukur yang terdapat dalam Desktop Radiance 2.0	102
5.12	Tetingkap <i>Reference Point Properties</i>	103
5.13	Contoh susun atur sensor cahaya pada model ruang kajian mengikut kaedah DGI_N pada model asas	103

5.14	Kotak dialog pengukuran secara <i>Reference Point</i>	104
5.15	Proses penentuan lokasi kajian (Johor, Malaysia) pada Desktop Radiance 2.0	107
5.16	Output hasil simulasi pengukuran secara <i>Reference Point</i>	108
5.17	Model simulasi ruang kajian pilot bagi uji kaji tahap-2	109
5.18	Model asas kajian	112
5.19	Model uji kaji kawalan tingkap	113
6.1	Perbandingan hasil pengukuran <i>illuminance</i> tingkap (E_{tingkap}) antara Desktop Radiance 2.0 dan pengukuran sebenar pada kajian pilot	116
6.2	Perbandingan hasil pengukuran <i>illuminance</i> adaptasi (E_{adaptasi}) antara Desktop Radiance 2.0 dan pengukuran sebenar pada kajian pilot	117
6.3	Perbandingan hasil pengukuran <i>illuminance</i> tingkap (E_{tingkap}) antara Desktop Radiance 2.0 dan pengukuran sebenar pada kajian pilot	117
6.4	Gambaran pengaruh kawalan tingkap <i>Overhang</i> (O) terhadap kemasukan cahaya siang pada keluasan tingkap 10% WWR	123
6.5	Gambaran kesan penggunaan kawalan tingkap terhadap kemasukan cahaya pada keluasan tingkap 20% WWR; a. <i>Overhang</i> (O) b. <i>Sloped Overhang</i> (SO)	124
6.6	Gambaran kesan penggunaan kawalan tingkap terhadap kemasukan cahaya siang pada keluasan tingkap 30% WWR; a. <i>Overhang</i> (O) b. <i>Sloped Overhang</i> (SO).	126
6.7	Gambaran kesan penggunaan kawalan tingkap terhadap kemasukan cahaya siang pada keluasan tingkap 40% WWR; a. <i>Overhang</i> (O) b. <i>Sloped Overhang</i> (SO)	

	<ul style="list-style-type: none"> c. <i>Lightshelf</i> (Ls) d. <i>Sloped Lightshelf</i> (SLs) 	128
6.8	<p>Gambaran kesan penggunaan kawalan tingkap terhadap kemasukan cahaya siang pada keluasan tingkap 50% WWR;</p> <ul style="list-style-type: none"> a. <i>Overhang</i> (O) b. <i>Sloped Overhang</i> (SO) c. <i>Lightshelf</i> (Ls) d. <i>Sloped Lightshelf</i> (SLs) e. <i>Overhang+Lightshelf</i> (O+Ls) f. <i>Overhang+Sloped Lightshelf</i> (O+SLs) 	130

SENARAI SINGKATAN

ADELIN	-	Advance Daylighting and Electric Lighting Integrated New Environment
BRE	-	Building Research Establishment
BRS	-	British Research Station
BRDFs	-	Bi-directional Reflectance Distribution Functions
CAD	-	Computer Aided Design
CIBSE	-	The Chartered Institution of Building Services Engineers
CIE	-	Commission Internationale de L'Eclairage
CGI	-	CIE (Commission Internationale de L'Eclairage) Glare Index
CSP	-	Comfort, Satisfaction, & Performance Index
DF	-	Daylight Factor
DGI	-	Daylight Glare Index
DGI _N	-	The New Daylight Glare Index
EW	-	Effective Window Height
GMT	-	Greenwich Mean Time
GUI	-	Graphical User Interface
HDA	-	High Daylight Area
IDM	-	Integrated Data Model
IES	-	Illuminating Engineers Society
IEA	-	International Energy Agency
IESNA	-	Illuminating Engineering Society of North America
LDA	-	Low Daylight Area
LBNL	-	Lawrence Berkeley National Laboratory
LESO-PB	-	Laboratoire d'Energie Solaire et de Physique du Bâtiment
MDA	-	Medium Daylight Area
QTVR	-	Quick Time Virtual Reality

RMS	-	Root Mean Square
UGR	-	Unified Glare Rating
UKBS	-	Undang-undang Kecil Bangunan Seragam
VCP	-	Visual Comfort Probability
VRML	-	Virtual Reality Markup Language
WFR	-	Window to Floor Ratio
WHO	-	World Health Organisation
WWR		Window to Wall Ratio

SENARAI SIMBOL

G	-	<i>Glare Constant</i>
e, f, g	-	nilai penganjur
$f(\psi)$	-	<i>nilai fungsi kompleks perubahan sudut</i>
L_s	-	<i>luminance sumber silau</i>
L_b	-	<i>luminance persekitaran</i>
L_w	-	<i>luminance tingkap</i>
ω	-	<i>solid angle pada mata pemerhati</i>
Ω	-	<i>solid angle subtense of the source modified to the effect of the position of its elements in different parts of the field of view</i>
L_{luaran}	-	<i>luminance luaran</i>
L_{adaptasi}	-	<i>luminance adaptasi</i>
L_{tingkap}	-	<i>luminance tingkap</i>
$E_{v3 \text{ terlindung}}$	-	purata <i>illuminance</i> menegak terlindung tingkap
$E_{v2 \text{ tak terlindung}}$	-	purata <i>illuminance</i> menegak tak terlindung persekitaran
$E_{v1 \text{ tak terlindung}}$	-	purata <i>illuminance</i> menegak tak terlindung luaran
\varnothing_I	-	faktor tatarajah (<i>configuration factor</i>)
a	-	lebar tingkap
b	-	tinggi tingkap
d	-	jarak lokasi pengukuran terhadap tingkap
τ	-	nilai pancaran cermin
c	-	lebar dinding
P_{model}	-	Panjang model kajian
R^2	-	<i>Correlation Factor</i>

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKASURAT
A	Pengukuran Subjektif Bagi Menentukan Indeks Silau Cahaya Siang Kajian : Kajian Pilot	151
B	Soal Selidik Pengukuran Subjektif Kaedah <i>The New Daylight Glare Index</i> (DGI _N)	157
C	Penentuan Lokasi Sensor Pada Ruang Kajian Pilot Berasaskan Kaedah <i>The New Daylight Glare Index</i> (DGI _N)	160
D	Penentuan Lokasi Sensor Model Kajian Menggunakan Kaedah DGI _N	165
E	Contoh Hasil Pengukuran Tahap Silau Pelbagai Keluasan Tingkap Menggunakan Desktop Radiance 2.0 Dengan Kaedah Pengukuran <i>The New Daylight Glare Index</i> (DGI _N)	186

ABSTRAK

Kajian ini bertujuan untuk mengkaji kesilauan melalui tingkap yang diakibatkan oleh cahaya siang. Kaedah pengukuran dan perisian yang digunakan ditentukan berasaskan kajian literatur, iaitu kaedah *The New Daylight Glare Index* (DGI_N) dan Radiance Desktop 2.0. Pengukuran kesilauan cahaya siang dilakukan keatas pelbagai keluasan tingkap untuk mengenal pasti keluasan tingkap yang sesuai bagi mengelakkan berlakunya keadaan silau pada ruang dalaman di Malaysia. Keluasan tingkap yang dikaji ditentukan berasaskan kaedah nisbah terhadap keluasan dinding (*Window to Wall Area/WWR*), iaitu 10% WWR, 20% WWR, 30%WWR, 40% WWR dan 50% WWR. Kajian juga dilakukan keatas penggunaan 6 jenis kawalan tingkap, dan 4 jenis optikal tingkap bagi mengenal pasti keberkesanannya dalam mengawal kesilauan cahaya siang. Indeks silau kajian yang digunakan sebagai penunjuk analisis kajian diperolehi dari pengukuran subjektif pada kajian pilot. Hasil simulasi menunjukkan bahawa seluruh keluasan tingkap kajian didapati silau, dan keluasan tingkap yang didapati paling silau adalah 20% WWR. Kajian juga menemukan bahawa keperluan kawalan tingkap yang sesuai bagi mengawal keadaan silau tiap-tiap keluasan tingkap adalah berbeza-beza. Hasil kajian mencadangkan penggunaan kawalan tingkap dan optikal tingkap yang sesuai untuk tiap-tiap keluasan tingkap, bagi menghindari berlakunya kesilauan cahaya siang dalam ruang di Malaysia.

ABSTRACT

The purpose of this study is to simulate the glare condition due to daylight through window opening in interior spaces. The measurement method chosen was adopted on the basis of previous literature study, *The New Daylight Index* (DGI_N) method and computer simulation Radiance Desktop 2.0 were used. The glare phenomena was measured on several different-size windows to determine the most appropriate window area that is capable of preventing the effect in room interior space. Sizes of windows are taken according to Window to Wall Ratio (WWR). The study was conducted on six different shading devices and four different window glasses. Furthermore, the performance of aluminum as shading device material is also studied to find out the effectiveness of the specular material in increasing the amount of lighting inside the room. The Glare index results are obtained through subjective measurements conducted during pilot study. It is found that the entire cross-sectional area of the window is experiencing glare condition, and the most critical window size opening is 20% WWR. Meanwhile, the observed findings show that no specific shading device is recommended as it depends on the particular window size itself. However, the use of window glasses is favorable to prevent the occurrence of glare for each window size and shading device. The outcomes of the current study suggest that the use of suitable shading devices and window glasses for each particular window size to avoid the occurrence of daylight glare in interior space.

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pengenalan

Tingkap adalah salah satu elemen pembukaan pada bangunan yang memberikan sumber pencahayaan siang. Ia juga berfungsi bagi memenuhi kepentingan dan keperluan cahaya siang bagi penghuni bangunan. Namun pemenuhan keperluan cahaya siang dalam bangunan tidak cukup hanya kepada aspek kuantiti sahaja, aspek kualiti cahaya siang juga perlu diambil kira. Kesilauan cahaya siang adalah antara aspek kualiti yang paling ketara yang boleh ditimbulkan akibat pencahayaan siang melalui tingkap.

Kemajuan teknologi pula memberikan peluang bagi mengkaji cahaya siang secara berkomputer dengan berbagai kebaikannya [Shankman, 1986]. Program komputer dapat menghasilkan pengiraan cahaya siang secara cepat dan tepat, sehingga dapat menjimatkan masa [Leite, 1986]. Rekabentuk model kajian pula mudah dibina, diubah dan diubahsuai mengikut parameter kajian, dengan hasil pengukuran yang merupakan angka ataupun grafik yang lebih tepat [Davis, 1986].

Tesis ini akan menganalisa ketepatan pengiraan kesilauan cahaya siang secara berkomputer. Analisis kesilauan dilakukan terhadap tingkap dan pengaruh kawalan tingkap di Malaysia sebagai satu kaedah penyelesaian yang popular bagi mengawal kesilauan cahaya siang dalam bangunan. Hasil kajian bermanfaat sebagai maklumbalas atas kebolehan simulasi berkomputer bagi kajian kesilauan cahaya

siang dan memberi sumbangan bagi panduan rekabentuk kawalan tingkap di Malaysia.

1.2 Latar Belakang Penyelidikan

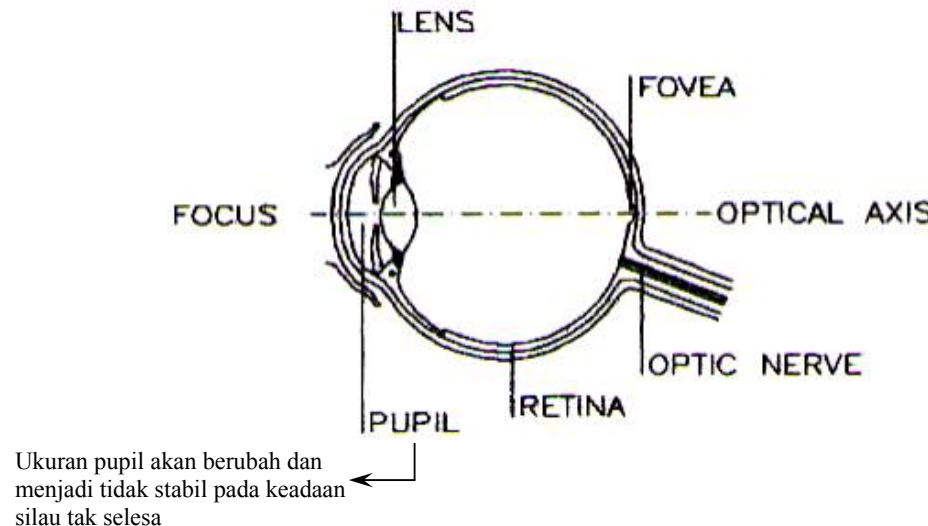
1.2.1 Kepentingan Kajian Kesilauan Cahaya Siang di Malaysia

Penglihatan adalah deria komunikasi yang paling penting bagi manusia dan persekitarannya. Manusia dapat mengenali persekitarannya disebabkan oleh pemalikan cahaya dari benda-benda di persekitaran pada mata manusia. Namun cahaya siang yang memasuki satu ruang dalaman bangunan dapat menimbulkan kesilauan tak selesa yang berpengaruh terhadap persekitaran penglihatan penghuni bangunan dan dialami penghuni bangunan dengan tanpa disedari. Biasanya penghuni akan mengalami pelbagai gangguan seperti kesakitan atau ketegangan pada mata akibat dari kecerahan langit yang memasuki bangunan.

Fenomena kesakitan atau ketegangan pada mata ini berkait rapat dengan ukuran anak mata, kerana ukuran pupil akan berubah sebagai reaksi terhadap perbezaan darjah cahaya yang diterimanya dalam mengatur jumlah cahaya yang akan diterima oleh mata [Fugate & Fry, (1956); Fugate, (1957); King, (1972); Fry & King, (1975); King, (1976)]. Oleh itu ukuran pupil mata akan menjadi tidak stabil pada keadaan silau tak selesa, dan keadaan tidak stabil ini akan meningkat apabila kadar silau meningkat [Hopkinson & Collins, 1970] (lihat rajah 1.1).

Namun berasaskan kajian yang telah dilakukan oleh Howarth, *et. al.*(1992) keadaan tak selesa yang dialami penghuni bangunan akibat cahaya tidak dipengaruhi oleh perubahan ukuran pupil mata. Keadaan silau tak selesa dapat berlaku apabila sebahagian kecil *visual field* menerima kecerahan yang lebih tinggi berbanding darjah purata cahaya siang persekitaran yang telah diadaptasi oleh mata. Ia berpendapat bahawa keadaan silau tak selesa akibat cahaya dapat timbul disebabkan mekanisme kontrol yang mengatur adaptasi cahaya pada mata. Sehingga apabila berlaku perbezaan kecerahan pada padang penglihatan mata, tanda-tanda tekanan

dari cahaya yang berlebih dapat mencapai pusat kesakitan *cortical* melalui jalan penglihatan [Howarth, *et. al.*, 1992].



Rajah 1.1 Struktur mata manusia [William, 1977]

Silau tak selesa dapat disebut juga sebagai silau adaptasi. Ianya merupakan antara isu kritikal yang perlu diambil kira bagi rekabentuk bangunan. Sullivan (1996) menyatakan bahawa aspek persekitaran penglihatan adalah merupakan salah satu penentu kejayaan atau kegagalan rekabentuk bangunan. Iritasi dan kesakitan mata yang boleh ditimbulkan oleh keadaan silau tak selesa pada penghuni bangunan telah dinyatakan juga sebagai salah satu fenomena *Sick Building Syndrom* [Drahonovska, 1997]. Pendedahan mata terhadap kecerahan cahaya yang berlebih secara berterusan juga didapati berpengaruh pada kumpulan sel retina (*the neural tissue of the retina*) dan struktur mata yang lain [Marshall, 1985].

Walau bagaimanapun, keadaan silau tak selesa patut dihindari daripada berlaku dalam sesebuah bangunan. Bagi pencahayaan siang, tingkap merupakan punca silau tak selesa pada penghuni kerana melaluinyalah kemasukan cahaya siang ke dalam bangunan yang menduduki sebahagian besar penglihatan penghuni. Boubekri & Boyer (1991), telah membuktikan dalam kajiannya bahawa saiz tingkap berpengaruh terhadap tahap kesilauan yang berlaku dalam ruang dalaman. Oleh itu, kesilauan cahaya siang boleh berlaku apabila saiz tingkap pada satu bangunan tidak ditentukan secara cermat.

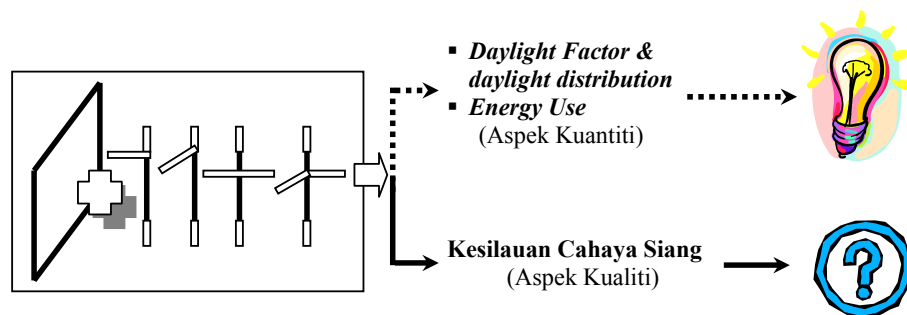
Pengurangan tahap silau dalam bangunan dengan cara mengurangkan keluasan tingkap tidaklah begitu efektif dan tidak bermanfaat sama sekali. Bagi ruang yang hanya mempunyai satu tingkap, penggunaan cara ini mengakibatkan pengurangan kuantiti cahaya siang di dalam ruang. Apabila kecerahan ruang dalaman berkurangan, kontras yang berlaku antara permukaan ruang dalaman dan kecerahan langit yang terlihat dari tingkap akan semakin tinggi, sehingga keadaan silau tak selesa yang berlaku pada tingkap yang sempit ini akan menjadi lebih terasa berbanding pada tingkap yang lebih luas.

Pada kawasan yang sentiasa menerima cahaya siang, aspek ini perlu diambilkira dengan teliti kerana berkemungkinan cahaya yang masuk ke dalam ruang bangunan akan terlebih dan dapat menimbulkan kesilauan. Apabila keadaan ini berlaku, kajian terhadap tindakan bagi mengawal kesilauan ini menjadi amat penting. Penggunaan sistem kawalan pada tingkap merupakan penyelesaian yang lebih sesuai dan popular bagi mengawal kesilauan cahaya siang, berbanding dengan cara mengurangkan keluasan tingkap pada bangunan [Koenigsberger *et. al.*, 1973].

Namun permasalahan kesilauan pada tingkap dan pengaruh pelbagai kaedah kawalan tingkap sebagai satu aspek kualiti cahaya siang di Malaysia masih belum lagi dikaji. Sehingga kini, kajian mengenai tingkap dan kawalan tingkap di Malaysia lebih tertumpu mengenai keperluan memenuhi kepentingan kuantiti cahaya siang dan penggunaan tenaga dalam bangunan sahaja [Gurupiah, (1999); Zain-Ahmed *et. al.*, (1999/2002)].

Kajian yang telah dilakukan oleh Gurupiah (1999) adalah untuk membuktikan keberkesanan pencahayaan semulajadi ruang dalaman sebuah rumah teres sebagaimana yang dikehendaki menurut Undang-undang Kecil Bangunan Seragam 1984, UKBS 1994, klausa 39 (1). Kajian dilakukan pada kes dasar dan kes ubahsuai ruang *living-dining* rumah teres di Johor Bahru, dengan mengambilkira dimensi ruang, rekabentuk tingkap, unsur pembalikan permukaan ruang dan unsur luaran ruang *living-dining* dalam pengiraan tahap kuantiti cahaya siang. Zain-Ahmed *et. al.* (1999/2002) pula telah mengkaji pengaruh pelbagai besaran tingkap terhadap tahap kuantiti cahaya siang dan pengaruh penggunaan pelbagai kawalan tingkap terhadap tahap kuantiti cahaya siang dalam ruang di Malaysia.

Sebagai negara tropika yang beriklim panas-lembab, Malaysia sentiasa menerima cahaya matahari atau cahaya siang setiap hari sepanjang tahun. Sehingga besar kemungkinan bagi cahaya siang ataupun cahaya matahari yang masuk ke dalam ruang melalui tingkap pada bangunan di Malaysia akan menimbulkan kesilauan pada penghuninya. Oleh itu, kajian terhadap tahap silau pada tingkap di Malaysia perlu di lakukan, terutama kajian keatas tahap silau yang boleh berlaku akibat pelbagai saiz tingkap di Malaysia. Selain itu, pemilihan sistem kawalan tingkap yang sesuai bagi menghindari kesilauan cahaya siang pada sesebuah ruang juga perlu dikaji dengan lebih lanjut. Ianya bermanfaat bagi menentukan rekabentuk tingkap yang sesuai bagi menghindari masalah kesilauan cahaya siang di Malaysia.



Rajah 1.2 Skematik latar belakang kepentingan kajian kesilauan cahaya siang di Malaysia

1.2.2 Simulasi Berkomputer Bagi Kajian Kesilauan Cahaya Siang

Rekabentuk pencahayaan dalam senibina dan penilaian kesan pencahayaan secara berkomputer telah mula dipraktiskan sejak pertengahan tahun 1980-an. Analisis dilakukan dengan mensimulasikan pencahayaan keadaan sebenar kepada model 3 dimensi menerusi skrin komputer. Dengan membina model elektronik yang sempurna dalam komputer, pengiraan kuantiti cahaya siang ataupun *rendering* satu tempat dalam berbagai keadaan dapat dilakukan dengan tepat.

Pada masa kini, didapati banyak perisian komputer yang lebih berkuasa dalam pengiraan cahaya siang [Geoffrey, (2000); Edward Ng *et. al.*, (2001); Jarvis & Donn, (2002); Bryan & Sayed Mohd Autif, (2002); Ubbelohde & Humann, (2002);

Edward Ng & Shatin, (2002)]. Pengiraan terhadap nuansa cahaya siang seperti corak taburan cahaya, intensiti cahaya dan pengansuran *luminance* serta kondisi kesilauan yang mungkin wujud dalam satu ruang juga dapat dilakukan dengan mudah. Oleh itu, para perekabentuk pencahayaan kini boleh mensimulasikan kesan penglihatan akibat pelbagai rekabentuk pencahayaan dengan mudah dan efisien.

1.3 Permasalahan Kajian

Mengesan kesilauan cahaya siang biasanya dilakukan dengan cara pengukuran pada ruang sebenar ataupun pada model fizikal. Namun cara ini didapati tidak praktikal, kerana memerlukan banyak peralatan serta kos yang tinggi dan ada kalanya hasil pengukuran sering berbeza disebabkan keadaan cahaya siang yang sentiasa berubah.

Kini pelbagai perisian komputer telah dicipta bagi tujuan mengkaji cahaya. Penggunaan perisian-perisian tersebut didapati lebih sesuai bagi mengukur *performance* cahaya siang dan boleh juga mengkaji kesan sistem pencahayaan yang berbeza [Stix, 1998; Selkowitz, 1986]. Pengukuran secara simulasi berkomputer membolehkan pengkaji mengawal dan menentukan perubahan cahaya siang yang boleh berlaku pada keadaan sebenar, sehinggakan kajian atas pengaruh ubahsuai kawalan tingkap pada kesilauan cahaya siang dapat dilaksanakan dengan lebih mudah.

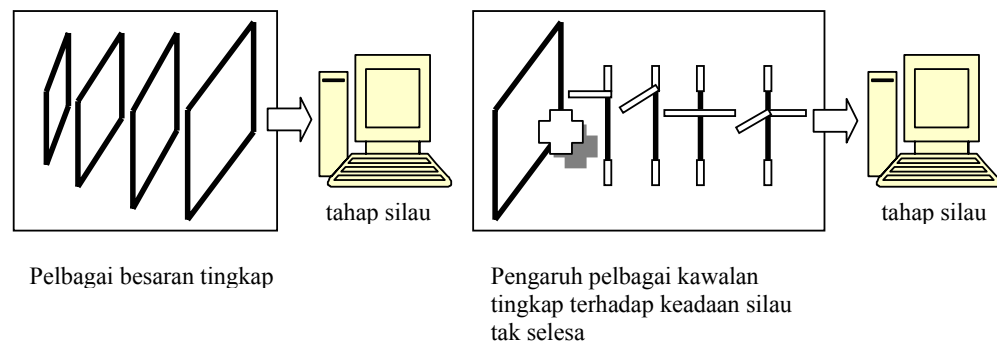
Saat ini sudah terdapat program komputer yang mampu untuk menilai tahap kesilauan akibat cahaya siang [Nazzaal & Chutarat (2001); Laforgue *et. al.*, (2002)]. Oleh itu, penggunaan simulasi berkomputer sebagai kaedah alternatif bagi mengkaji cahaya siang perlu diterokai dengan lebih lanjut lagi, terutamanya bagi penilaian kesilauan cahaya siang di Malaysia.

1.4 Pernyataan Masalah

Kajian terhadap keberkesanan simulasi berkomputer bagi mengkaji kesilauan cahaya siang dan kajian terhadap kesilauan cahaya siang pada tingkap di Malaysia adalah diperlukan

1.5 Matlamat Kajian

Matlamat kajian ini adalah untuk mengkaji tahap kesilauan cahaya siang pada pelbagai besaran tingkap serta mengenalpasti pengaruh kawalan tingkap bagi mengatasi kesilauan cahaya siang di Malaysia dengan menggunakan simulasi berkomputer sebagai alat pengukur.



Rajah 1.3 Skematik matlamat kajian

1.6 Objektif Kajian

Sesuai dengan matlamat kajian, objektif kajian yang perlu dicapai oleh pengkaji adalah sebagai berikut:

1. Menenal pasti keberkesanan simulasi berkomputer sebagai alat bagi analisis kesilauan cahaya siang.

2. Mengenalpasti besaran tingkap yang sesuai bagi menghindari kesilauan cahaya siang di Malaysia
3. Mengkaji pengaruh ubah suai kawalan tingkap terhadap kesilauan cahaya siang di Malaysia.
4. Menentukan ubah suai tingkap yang sesuai bagi menghindari kesilauan cahaya siang di Malaysia.

1.7 Soalan Kajian

Soalan-soalan yang akan dijawab bagi memenuhi objektif kajian adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah mengkaji kesilauan cahaya siang dengan menggunakan simulasi berkomputer sebagai alat pengukur?
 - a. Apakah kaedah yang sesuai untuk mengukur kesilauan cahaya siang dengan menggunakan simulasi berkomputer?
 - b. Apakah perisian yang sesuai untuk mengukur kesilauan cahaya siang secara simulasi berkomputer?
 - c. Bagaimanakah kebolehpercayaan perisian simulasi berkomputer terpilih?
 - d. Bagaimanakah perbezaan atau persamaan diantara kajian simulasi dan juga bacaan meter pada pengukuran sebenar?
2. Bagaimanakah pengaruh kawalan tingkap terhadap kesilauan cahaya siang?
3. Apakah ubah suai kawalan tingkap yang sesuai bagi menghindari kesilauan cahaya siang di Malaysia?

1.8 Kepentingan Kajian

1. Kajian ini bermanfaat bagi menghasilkan maklumbalas yang berguna kepada para arkitek, ahli kaji kualiti cahaya siang dan ahli akademik mengenai prestasi dan keupayaan simulasi berkomputer terhadap kajian kesilauan cahaya siang. Diharapkan simulasi berkomputer dapat menjadi satu alat alternatif bagi mengkaji kesan kesilauan cahaya siang yang berlaku serta dapat mendiagnosa masalah cahaya siang yang dihadapi akibat tingkap. Penyelesaian boleh dibuat dengan memahami setiap peranan kawalan tingkap. Oleh yang demikian, permasalahan kesilauan cahaya siang yang akan timbul akibat tingkap dapat dihindari sejak awal proses merekabentuk.
2. Hasil kajian dapat memberi panduan kepada penggunaan cahaya siang dalam bangunan dan juga untuk tambahan kepada kaedah-kaedah kawalan pada tingkap di Malaysia.
3. Membantu dalam penyelidikan cahaya siang dan pembangunan senibina yang peka kepada persekitaran yang lebih efektif lagi.

1.9 Skop Kajian

Bagi kajian ini, pengukuran kesilauan cahaya siang tidak akan mengambilkira pengaruh perabot dalam ruang, kerana:

- Penggunaan perabot dalam ruang akan mempengaruhi pengagihan cahaya siang didalamnya. Hal ini disebabkan perabot berinteraksi terhadap cahaya siang dengan cara membalikkan cahaya yang diterimanya jauh kedalam ruang ataupun membuat sisa ruang menjadi terlindung. Pengagihan cahaya juga bergantung pada kedudukan perabot dan sudut matahari. Ini bermakna, setiap penyusunan perabot akan menghasilkan agihan cahaya yang berbeza, dan memerlukan kajian tersendiri [Marie-Claude, 2001].

Kawalan tingkap setengah kekal atau *semi-permanent (internal blinds* dan langsir) tidak turut dikaji dalam penyelidikan ini, kerana:

- Penggunaan *internal blinds* dan langsir pada tingkap bukan merupakan penyelesaian yang tepat bagi mengawal masalah kesilauan. Ianya masih dapat menyerap panas sehingga dapat meningkatkan suhu di dalam ruang. Apabila hal ini terjadi, ianya boleh menimbulkan keadaan tak selesa bagi penghuni dan dapat meningkatkan penggunaan tenaga [Koenigsberger *et. al.*, 1973].
- Penggunaan *internal blinds* dan langsir pada tingkap dapat menutupi pemandangan luaran dan menghalang kemasukan cahaya siang ke dalam ruang. Hal ini dapat menimbulkan kesan negatif terhadap *physiology* dan *psychology* penghuni bangunan kerana pemandangan luaran dan cahaya siang adalah merupakan kepentingan azali manusia [Albert & Leung, 1998].

Kawalan tingkap kekal jenis menegak tidak turut dikaji dalam penyelidikan ini, kerana:

- Kajian ini lebih bertumpu kepada keberkesanan kawalan tingkap terhadap kesilauan cahaya siang, sedangkan kawalan tingkap jenis menegak lebih tepat digunakan bagi mengawal kemasukan sinar matahari kedalam ruang [Koenigsberger *et. al.*, 1973]

1.10 Organisasi Kajian dan Penulisan Tesis

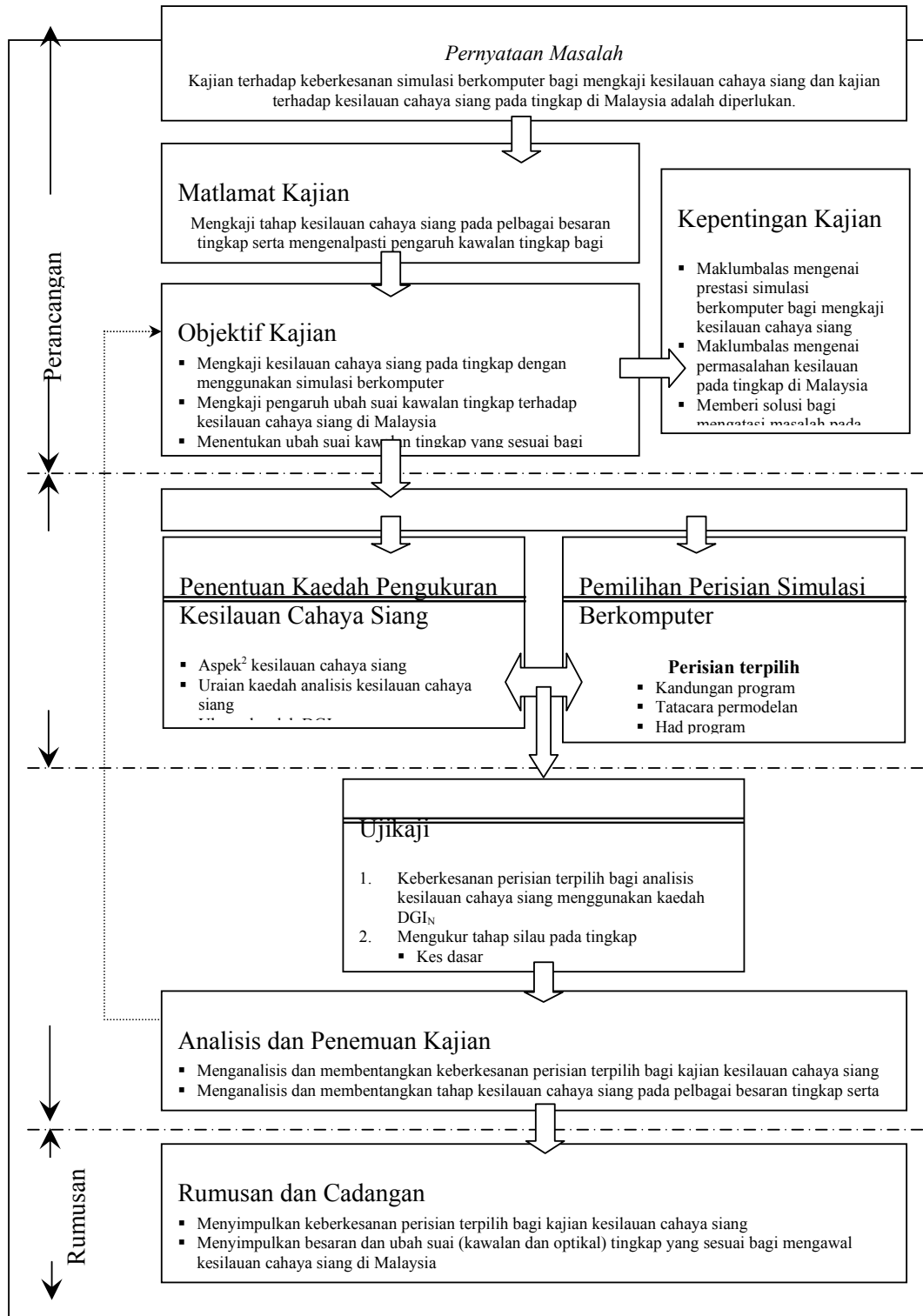
Pelaksanaan kajian dibahagikan kepada 4 peringkat, iaitu tahap perancangan awal, tahap rekabentuk kajian, tahap pelaksanaan dan analisis kajian, serta tahap rumusan dan cadangan kajian.

Tahap perancangan awal merupakan tahap penentuan permasalahan, matlamat, objektif dan kepentingan kajian, dan akan dihuraikan pada bab 1. Ulasan mengenai kesilauan cahaya siang dan pemilihan perisian komputer bagi kajian

kesilauan cahaya siang akan dihuraikan pada tahap rekabentuk kajian. Penulisan tahap rekabentuk kajian ini dibahagikan pada dua bab, iaitu bab 2 dan bab 3.

Pada tahap pelaksanaan kajian, kaedah pengukuran kesilauan cahaya siang kajian bagi ujikaji akan diulas, dan penulisan akan dihuraikan pada bab 4. Pada kajian ini, ujikaji pengukuran kesilauan cahaya siang akan dilakukan secara simulasi berkomputer. Ulasan pengukuran akan dihuraikan pada bab 5. Analisa hasil pengukuran akan diulas pada tahap analisis kajian. Penulisan hasil analisis dan temuan kajian akan dihuraikan pada bab 6.

Kesimpulan kajian akan dihuraikan pada bab 7. Cadangan bagi penyelidikan selanjutnya juga akan dihuraikan pada tahap rumusan dan cadangan ini. Tata cara dan kaitan tiap-tiap peringkat kajian ini dapat dilihat pada rajah 1.4.



RUJUKAN

- A. Zain-Ahmed, A. A. M. Sayigh, P. N. Surendran, M. Y. H. Othman, & K. Sopian. (1999). Shading Devices and Their Effect on the Interior Illumination of Buildings in Malaysia. *Proceedings of the World Renewable Energy Congress, Malaysia*. 357-361.
- A. Zain-Ahmed, A. A. M. Sayigh, P. N. Surendran, M. Y. H. Othman, & K. Sopian. (2002). Daylighting as a Passive Solar Design Strategy in Tropical Buildings: A Case Study of Malaysia. *Energy Conservation and Management. Elsevier Science Ltd*. **43** . 1725-1736.
- Albert T. P. So & L. M. Leung. (1998). Indoor Lighting Design Incorporating Human Psychology. *Architectural Science Review*. **41** . 113-124.
- Ashdown, I. (1993). Virtual Photometry. *Lighting Design + Application*. 23 (12). 33 – 39.
- Boubekri M. & Boyer L. L. (1992). Effect of Window Size and Sunlight Presence on Glare. *Lighting Research and Technology. The Chartered Institution of Building Services Engineers*. 24-2. 69-74.
- Bryan H. & Sayed Mohd Autif. (2002). *Lighting/Daylighting Analysis: A Comparison*. School of Architecture, Arizona State University.
<http://www.sbse.org/awards/docs/Autif.pdf>
- Bülow-Hübe H. (2001). *Energy-Efficient Window Systems, Effects on Energy Use and Daylight in Buildings*. Department of Construction and Architecture, Division of Energy and Building Design. Lund University, Lund Institute of Technology, Lund.
- CIE (1983). *Discomfort Glare in The Interior Working Environment*. Publication CIE No. 55 (TC-3.4). Commission Internationale de l'Éclairage (CIE). Vienna. Austria. 43 pages.

- Chauvel, P., Collins, J. B., Dognaiaux, R. (1982). Glare from Windows: Current Views of The Problem. *Lighting Res. Technol.* **14**(1). 31 – 46.
- Chuah, D. G. S., & Lee, S. L. (1984). *Solar Radiation in Malaysia: A Study on The Availability and Distribution of Solar Energy in Malaysia*, Singapore: Oxford University Press.
- Christoffersen, J., Petersen, E., Johnsen, K., Valbjørn, O., & Hygge, S. (1999). Vinduer og dagslys – en feltundersøgelse I kontorbygninger (Windows and Daylight – a Post – Occupancy Evaluation of Offices). SBI-rapport 318. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm (Denmark). dlm Marie-Claude D. (2001). *Impact of Shading Devices on Daylight Quality in Offices. Simulations with Radiance*. Department of Construction and Architecture, Division of Energy and Building Design. Lund University, Lund Institute of Technology, Lund: Report. 56-61
- Collins, B. L. (1994). Subjective Responses to Lighting: A Review of The Research. *The Construction Specifier*. October. 82 – 90.
- Compagnon, R., Green, C. (1994). *PLINK User's Manual*. Ecole Polytechnique Federale de Lausanne. dlm Erhorn, H., Boer, J. D., Dirksmoller, M. (1997). Adeline – An Integrated Approach to Lighting Simulation. *Right Light 4*. Stuttgart, Germany. **1**. 99 – 103.
- Davis R.G. (1986). Computer Graphics as a Design Tool. *Lighting Design and Application*. June. 38-40.
- Desktop Radiance 2.0 User Manual (2000). Lawrence Berkely National Laboratory. Environmental Energy Technologies Division. Building Technologies Department.
- Drahonovska H. (1997). Light and Lighting. dlm. Jack Rostron. *Sick Building Syndrome. Concepts, Issues and Practice*. London and NewYork: E & FN SPON.
- Edward Yan-Yung Ng & Shatin, N. T. (2002). *A Study on The Accuracy of Daylighting Simulation Of Heavily Obstructed Buildings in Hongkong*. Department of Architecture, Chinese University of Hongkong.
http://www.hvac.okstate.edu/pdfs/bs01/BS01_1215_1222.pdf
- Edward Yan-Yung Ng, Lam Khee Poh, Wu Wei & Takehiko Nagakura. (2001). Advanced Lighting Simulation in Architectural Design Tropics. *Automation in Construction. Elsevier Science*. **10**. 365-379.

- Einhorn, H. D. (1969). A New Method for The Assessment of Discomfort Glare: A Formula to Bridge Differences. *Lighting Research & Technology*. 1 (4). 235 – 247.
- Einhorn, H. D. (1979). A New Method for The Assessment of Discomfort Glare: A Formula to Bridge Differences. *Lighting Research & Technology*. 11 (2). 90 – 94.
- Erhorn, H., Boer, J. D., Dirksmoller, M. (1997). Adeline – An Integrated Approach to Lighting Simulation. *Right 4 Light*. Stuttgart, Germany. 1. 99 – 103.
- Fry G. A. & King V. M. (1975). The pupillary Responses and Discomfort Glare. *Illumination Engineering Society*. 4. 307-324.
- Fugate J. M. & Fry G. A. (1956). Relation of Changes in Pupil Sizes to Visual Discomfort. *Illumination Engineering*. 51. 537-549.
- Fugate J. M. (1957). Physiological Basis for Discomfort Glare. *Amer. Optom. Arch. Amer. Acad. Optom.* 34. 377-387.
- Fuller Moore. (1985). *Concepts and Practice of Architectural Daylighting*. Newyork: Van Nostrand Reinhold Company.
- Geoffrey G. Roy. (2000). *A Comparative Study of Lighting Simulation Packages Suitable for Use in Architectural Design*. School of Engineering Murdoch University: Report. <http://eng.murdoch.edu.au/FTPsite>
- Gurupiah BT Murshib. (1999). *Daylighting Considerations in the Design of Living-Dining Room Spaces in Single Storey Terrace Houses in Malaysia*. Masters's Thesis, Jabatan Seni Bina, Fakulti Alam Bina, Universiti Teknologi Malaysia. (Unpublished).
- Hopkinson, R. G., Bradley, R. C., (1960). *A Study of Glare from Very Large Sources*. Illum. Eng.
- Hopkinson, R. G., & Collins, J. B. (1970). *The Ergonomics of Lighting*. London. 80 – 104. dlm P. A. Howarth, et. al. (1992). *Discomfort from Glare: The Role of Pupillary Hippus*. The Chartered Institution of Building Services Engineers.
- IES Technical Report No. 4 (1972). *Daytime Lighting in Buildings*. 2nd edition. London: The Illuminating Engineering Society.
- Javis D. & Donn M. (2002). *Comparison of Computer and Model Simulations of Daylight Interior with Reality*. School of Architecture, Victoria University of Wellington, New Zealand.
- <http://www.hvac.okstate.edu/pdfs/bs97/papers/P086.PDF>

- King V. M. (1976). Effects of Mydriatics and Miotic on Ocular Discomfort and Pupil Responses. *Amer. Optom. Ass.* **47**. 937-942.
- Koenigsberger, O. H., Ingersoll, T. G., & Mayhew, A. (1973). *Manual of Tropical Housing and Building. Part One: Climatic Design*. India: Orient Longman Limited.
- Laforge P., Souyri B., Fontoynt M. & Achard G.. (2002). *Simulation of Visual and Thermal Comfort Related to Daylighting and Solar Radiation in Office Buildings*. <http://www.hvac.okstate.edu/pdfs/bs97/papers/P148.PDF>
- Leite M. J. (1986). Computers and the Typical Design Practice a Step by Step: A Guide What a Microcomputer Can Do for You. *Lighting Design and Application*. June. 20-24.
- Littlefair, P. J. (1984). Daylight Availability for Lighting Controls. Dlm: *Proceedings of the CIBSE National Lighting Conference*. 215 – 33.
- Littlefair, P. J. (1992). *Daylit Coefficients for Practical Computation of Internal Illuminances*. The Chartered Institution of Building Services Engineers.
- M. Boubekri, L.L. Boyer. (1991). *Effect of Window Size and Sunlight Presence on Glare*. The Chartered Institution of Building Services Engineers.
- Marie-Claude D. (2001). *Impact of Shading Devices on Daylight Quality in Offices. Simulations with Radiance*. Department of Construction and Architecture, Division of Energy and Building Design. Lund University, Lund Institute of Technology, Lund: Report. 56-61.
- Mardaljevic, J. (1999). *Daylight Simulation: Validation, Sky Models and Daylight Coefficients*. Doctor of Philosophy Thesis. Institute of Energy and Sustainable Development. De Mont Fort University Leicester.
- Marshall J. (1985). Radiation and The Aging Eye. *Ophtal, Physiol. Opt.* **5**. 241-263.
- Nazzal, A. (1998a). Evaluating and Controlling Discomfort Glare of Daylight Origin in an Office Environment, in: *Proceedings of EuroSun '98, The Second ISES-Europe Solar Congress*, Portoroz, Slovenia, 14 – 17 September 1998.
- Nazzal, A. (1998b). An Evaluation Method for Indoor Discomfort Glare of Daylight Origin, in: *Proceedings of EPIC '98. The 2nd European Conference on Energy Performance and Indoor Climate in Buildings*, Lyon, France. 19 – 21 November 1998. 463 – 468.

- Nazzal, A. (2001). *A New Evaluation Method for Daylight Discomfort Glare in Modern Architectural and Lighting Design*. PhD thesis. University of Helsinki. Helsinki. Finland.
- Nazzal, A. & Chutarat, A. (2001). *A New Daylight Glare Evaluation Method. A Comparison of The Existing Glare Index and The Proposed Method and an Exploration of Daylighting Control Strategies*. Helsinki University of Technology. <http://www.centrum.is/lfi>
- Osterhaus, W. K. E. & Bailey, I. L. (1992). *Large Area Glare Sources and Their Effect on Discomfort and Visual Performance at Computer Workstations*. Report LBL-35037 UC-350. Lawrence Berkeley National Laboratory. Berkeley, California (USA). 5 pages.
- Osterhaus, W. K. E. (2001). Discomfort Glare from Daylight in Computer Offices: What Do We Really Know? *Proc. Of Luz Europa 2001*. Reykjavik. Iceland.
- Othman, M. Y. H., Sopian, K., Yatim, B. & Dalimin, M. N., (1993). Diurnal Pattern of Global Solar Radiation in The Tropics: A Case Study in Malaysia. *Renewable Energy* 3, 6/7, 741 – 745.
- P. A. Howarth, et. al. (1992). *Discomfort from Glare: The Role of Pupillary Hypus*. The Chartered Institution of Building Services Engineers.
- R. G. Hopkinson, PhD, MIEE, FIES, FRPS., et.al. (1966). *Daylighting*. Heinemann, London.
- Selkowitz, S. E. & Griffith, J. W. (1986). *Effective Daylighting in Building-Revisited*. Lighting Design and Application. 34 – 47.
- Sham Sani, (1998). *Encyclopedia of Malaysia: Volume 1: The Environment*. Archipelago Press, Singapore.
- Shankman S. (1986). Is The Computer Just More Stuff in the Carpetbag of the Snake Oil Salesman Trying to Sell a Lighting System?. *Lighting Design and Application*. June. 9-17.
- Stix, G. (Associate Editor) (1988). Digitized Sunshine' Aids Architects. In *IEEE Spectrum*: 46 – 49.
- Sullivan, A. C. (1996). Photorealistic Light Simulation. *Architecture*. 85 (10). 177 – 79.
- Toshie Iwata, et.al. (1994). *Visual Comfort in the Daylit Luminous Environment: Structural Model for Evaluation*. The Chartered Institution of Building Services Engineers.

Ubbelohde M. S. & Humann C. (2002). *Comparative Evaluation of Four Daylighting Software Programs*. University of California, Berkeley, California.

<http://www.coolshadow.com/downloads/ACEEdaylighting.pdf>

Uniform Building by Law. (1984-1995). Kuala Lumpur: International Law Book Services (P.W, s138/85)

Velds, M. (2000). *Assessment of Lighting Quality in Office Rooms with Daylighting Systems*. PhD thesis. Technical University of Delft. Delft (The Netherlands).

Ward, G. (1990). Visualization. *Lighting Design and Application*. 20(6). June.

Ward, G. (1994). The Radiance Lighting Simulation and Rendering System. *Computer Graphics*. Proceedings of the 1994 SIGGRAPH Conference. July.

Ward, G. (1998). Making Global Illumination User-Friendly. *Computer Graphics*. Proceedings of the 1998 SIGGRAPH Conference.

Ward, G. & Heckbert, P. S. (1999). Irradiance gradients. *Computer Graphics*. Proceedings of the 1999 SIGGRAPH Conference.

Ward Larson, G., Shakespeare, R., (1998). *Rendering with Radiance: The Art and Science of Lighting Visualization*. San Francisco, CA: Morgan Kaufman Publishers.

William M. C. Lam, (1977). *Perception And Lighting as Formgivers for Architecture*. New York: McGraw-Hill Book Company.

www.ies4d.com

www.lightscape.com

<http://radsite.lbl.gov/deskrad.html>

http://radsite.lbl.gov/radiance/radiance_short.html